УДК 681.5

А.В.Мандрик (4 курс, каф. ТОИ), Л.С.Чечурин, к.т.н., доц.

ОЦЕНКА РОБАСТНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ С ФАЗОВОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬЮ

В общем виде исследуемые в данной работе системы могут быть описаны дифференциальным уравнением n-го порядка, которое в операторной форме записи имеет следующий вид:

$$[a_n p^n + a_{n-1} p^{n-1} + ... + a_1 p + a_0] + [f_n(t) p^n + f_{n-1}(t) p^{n-1} + ... + f_1(t) p + f_0(t)] = 0 .$$

Нередко встречается ситуация, когда законы изменения параметров $f_i(t)$ являются периодическими функциями от времени. Помимо того, что системы, имеющие несколько меняющихся со временем параметров, достаточно распространены в практике, к уравнениям такого вида можно придти и при одном периодическом параметре, вошедшем, в силу процедуры составления уравнений, в разные коэффициенты (возможно, не синфазно). Для определения устойчивости систем с периодическими изменяющимися параметрами используется достаточный критерий устойчивости Бонджиорно [1]. Этот критерий использует процедуру нахождения максимального значения абсолютного отклонения параметра. Надо отметить, что метод Бонджиорно не учитывает формы закона изменения параметра и предназначен для определения устойчивости периодически нестационарных, синхронных и синфазных систем.

Не так давно в ряде работ было продемонстрировано, что можно найти более точную границу области устойчивости, если учесть форму закона изменения параметра [2,3].
Для этого можно воспользоваться гармонической стационаризацией [2].

Алгоритм представляет собой следующее:

1. написать уравнение системы в операторной форме
2. привести уравнение системы к виду удобному для анализа устойчивости
   2.1. представление закона изменения параметра в виде гармонического сигнала посредством разложения в ряд Фурье и заменой первоначального закона изменения параметра синусом 1-й гармоники ряда Фурье.
   2.2. Применение метода гармонической стационаризации
3. дальнейшее исследование устойчивости системы с использованием критерия Найквиста.

Метод гармонической стационаризации позволяет уточнить оценку границы области устойчивости. Кроме этого представляется возможным исследование периодически нестационарных синхронных, но несинфазных систем.

Целью настоящей работы является:

1. разработка алгоритма исследования периодически нестационарных синхронных несинфазных систем
2. проверка работоспособности разработанного алгоритма
3. разработка критерия робастной устойчивости систем с фазовой неопределенностью
4. проверка работоспособности сформулированного критерия

Результатом исследования явился достаточный критерий устойчивости систем с фазовой неопределенностью. Было проведено несколько численных экспериментов, подтверждающих работоспособность метода гармонической стационаризации и сформулированного критерия.

В операторной форме исследуемая система имеет следующий вид:

$$[p^2 + 0.1p + 1] + [A_1 \sin(\tfrac{2\pi}{T} t + \varphi + \theta_1) p + A_0 \sin(\tfrac{2\pi}{T} t + \varphi)] = 0$$

На рис. 1 сплошной линией обозначена расчетная граница устойчивости, а точками – экспериментальная. Заштрихованная область обозначает область, рассчитанную с использованием разработанного достаточного критерия, граница этой области почти совпадает с границей области устойчивости для фазы равной 4,5.

Как видно из рис. 1, экспериментальные данные хорошо совпадают с расчетными (несовпадение обусловлено одночастотным приближением). Область устойчивости, рассчитанная по разработанному достаточному Критерию, является наименьшей. Таким образом, можно утверждать, что разработанный критерий является робастным критерием оценки робастности систем с фазовой неопределенностью.

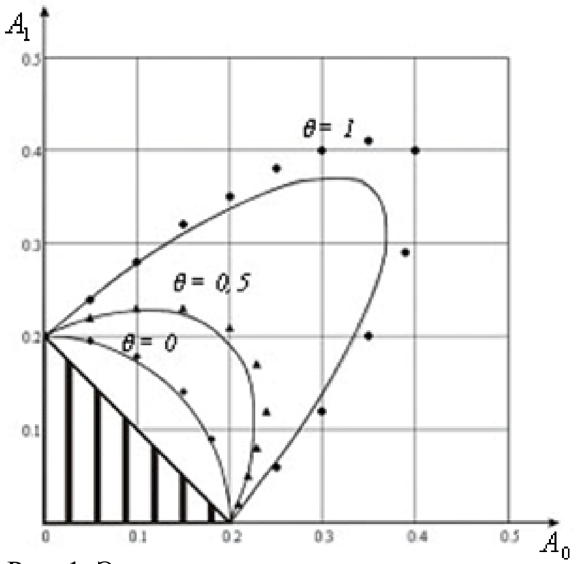

Рис. 1. Экспериментальные и расчетные границы устойчивости

Таким образом, в ходе работы исследовались различные методы определения устойчивости линейных периодически нестационарных систем без вынуждающего воздействия. Был разработан алгоритм исследования систем с неопределенностью по фазе периодически изменяющегося параметра. Проведенные исследования показали, что разработанный алгоритм является достаточно работоспособным.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Bongiorno, J.J., Jr. IEEE Trans., 1963, AC-8, pp. 166-172.
2. Чечурин С. Л., Чечурин Л. С. “Физические основы теории колебаний”. СПб.: СПбГПУ, 2005.
3. Буйнов Д.М., Мандрик А.В. II Школа-семинар молодых ученых «Управлении большими системами» Воронеж, 2007г. Том 1, стр. 102-108.